

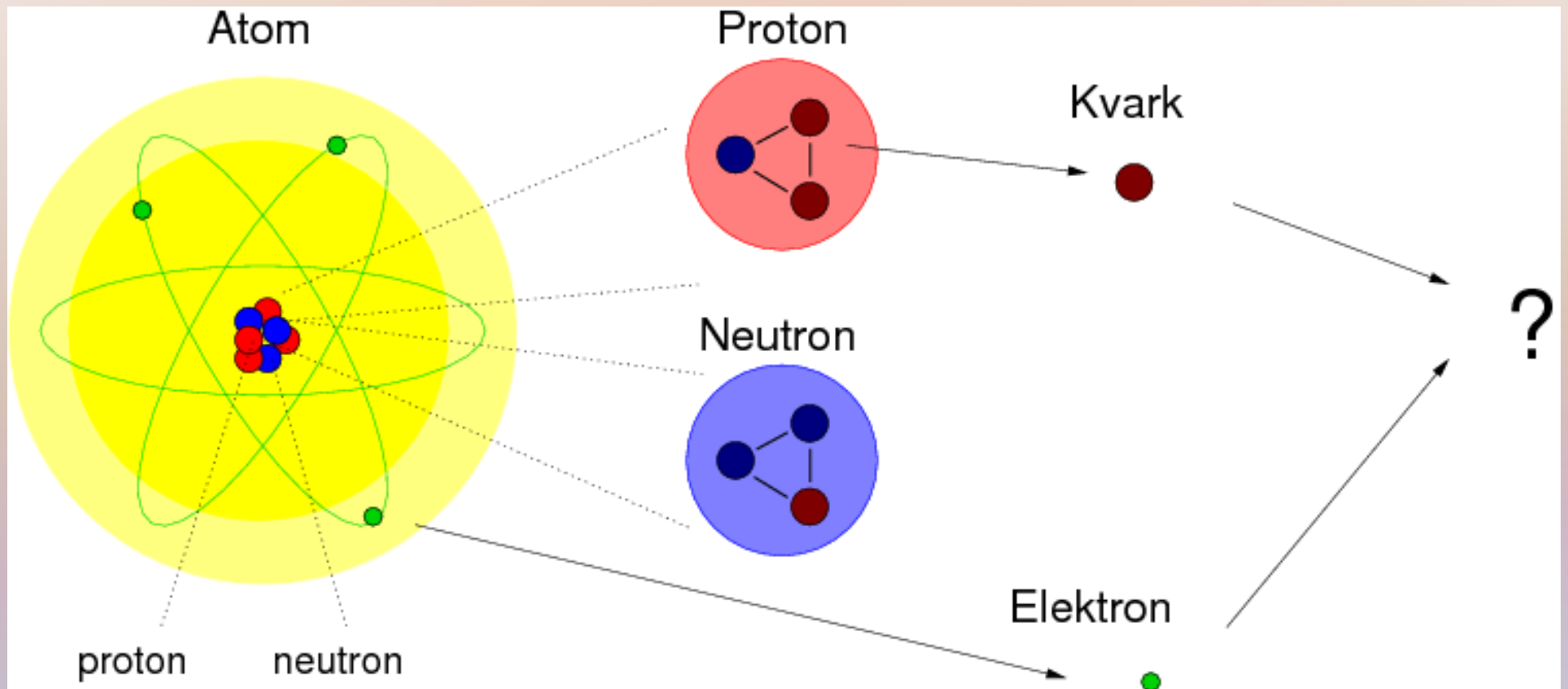
Részecskegyorsítók

Varga Dezső

Wigner Fizikai Kutatóközpont, RMI NFO

- Új nevet adunk a mikroszkópnak
- A működés alapelvei
- Kivitelezés és kísérleti elrendezések
- Gyorsító komplexumok

A világunk legkisebb építőkövei

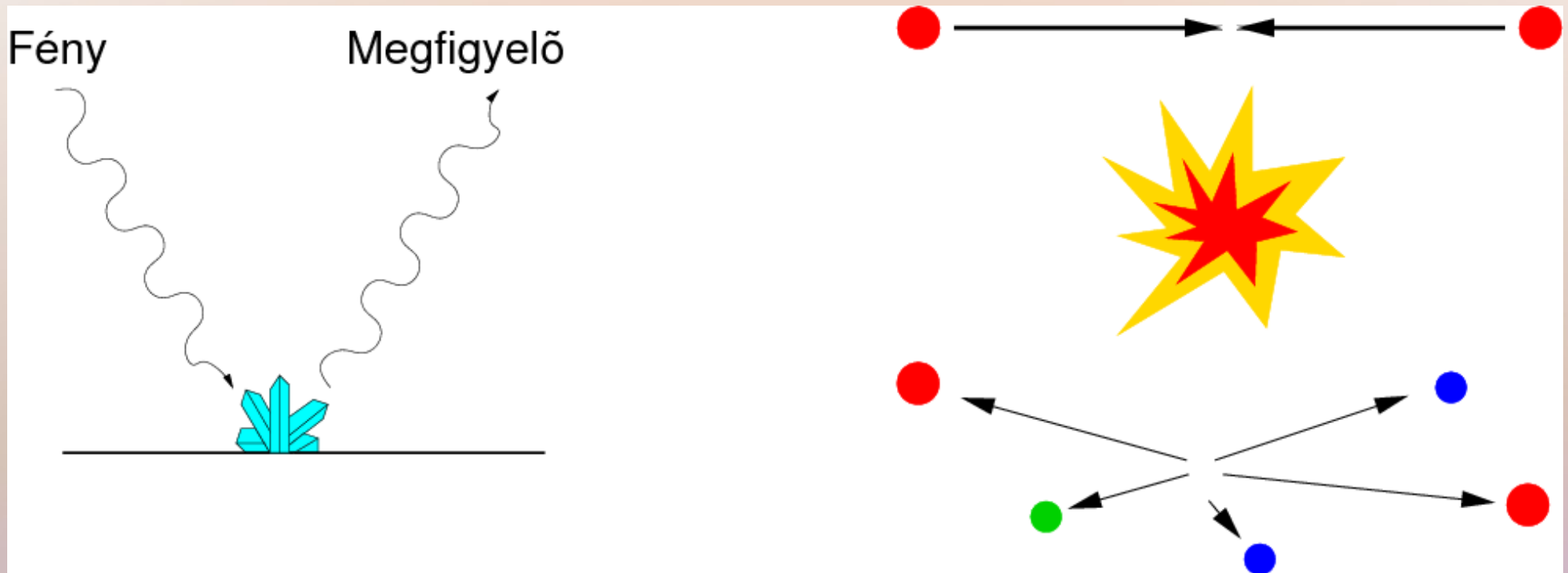


10^{-10} m

10^{-15} m

10^{-18} m

Apró dolgok megfigyelése: mikroszkóp

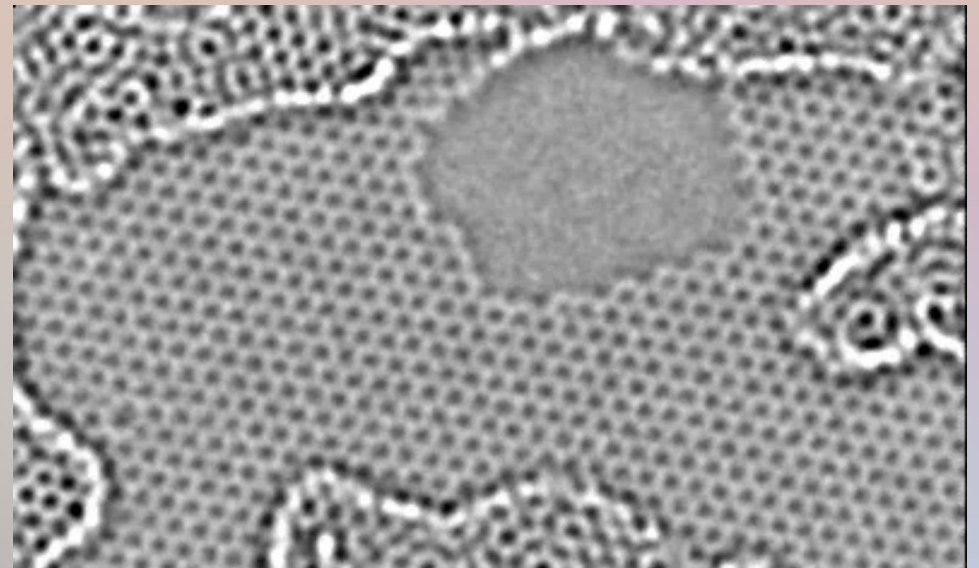


Legfontosabb szabály: a megfigyelhető méret a vizsgáló sugárzás hullámhosszának felel meg!

Hullámhossz: De Broglie-összefüggés

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad p: \text{impulzus}$$

- Fénnyel pár száz nm: sejtek
- Elektronnal pár száz pm: atomok

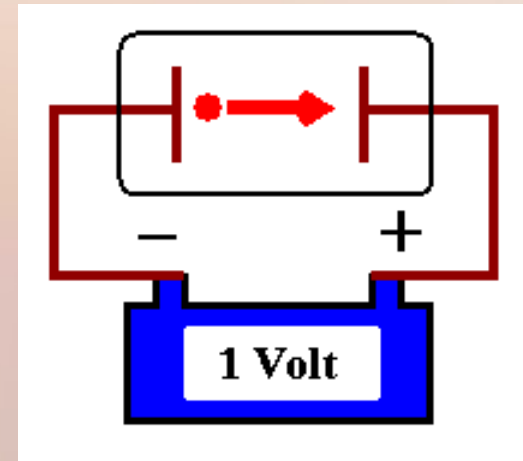


Kitérő: fizikai egységek kényelmesen

- Minden sebességet mérjük „fénysebesség”-egységben, azaz $c=1$
- Tömeg: $E=mc^2$ szerint szintén „energia”, akárcsak az impulzus (lendület)
- Nagyon nagy energián minden közel fénysebességgel halad: $E=p$ ($c=1$)

Energia mértékegysége és nagyságrendjei

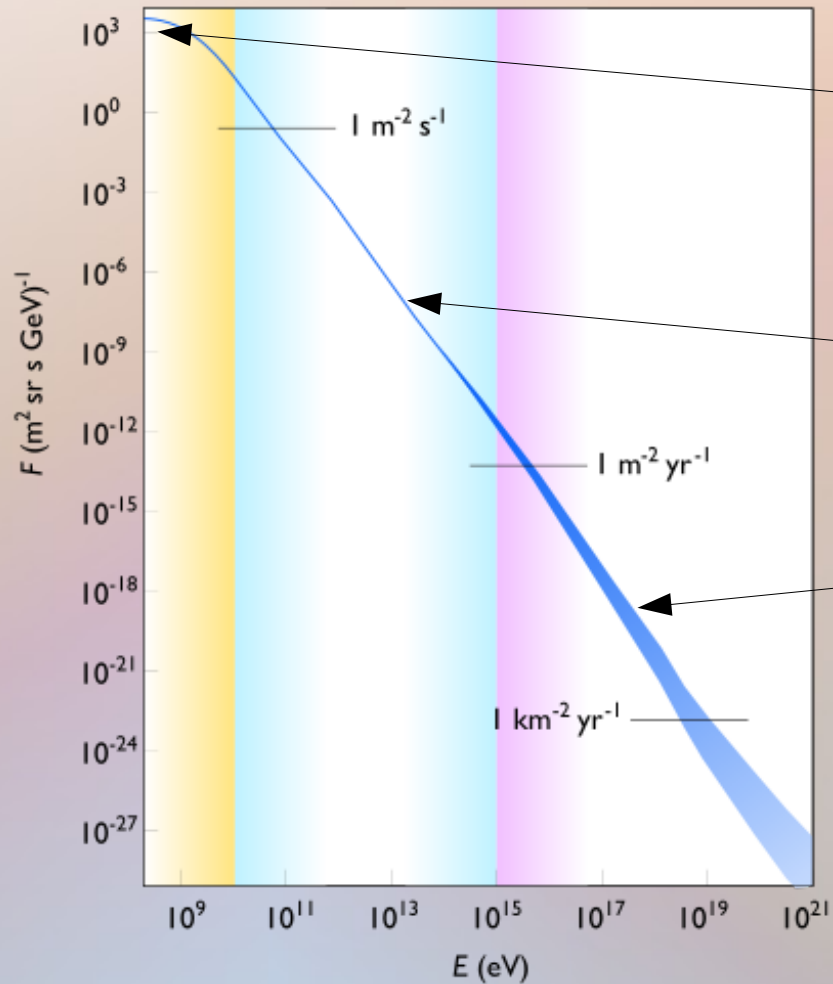
- Energia mértékegysége: eV
- Kémiai kötések: pár eV
- Radioaktív sugárzás 100keV - 1MeV
- Elektron nyugalmi tömeg 0,5 MeV
- Proton nyugalmi tömeg 1 GeV
- Proton energia az LHC-ben 14 TeV (14000GeV)



Nagy felbontás = nagy energia!

- Atom mérete kb. 10 keV (10 000 eV)
- Atommag mérete 1 GeV (egymillió keV)
- Legnehezebb ismert részecskék 100 GeV
(top kvark, Z és W, Higgs)

Természetes részecskegyorsítók: kozmikus részecskék



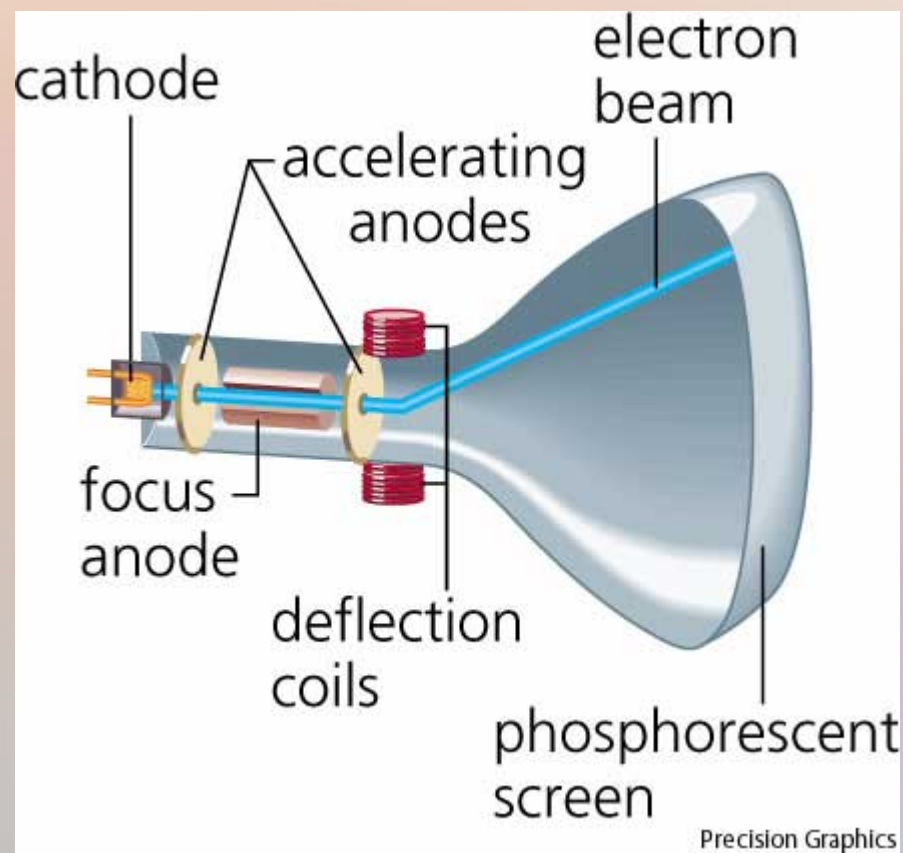
Földi természetes radioaktivitás

LHC nyaláb energia

LHC ütközési energia

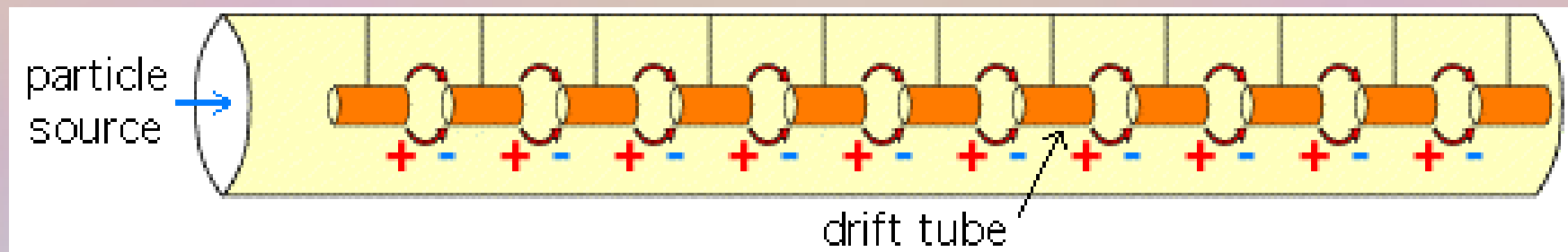
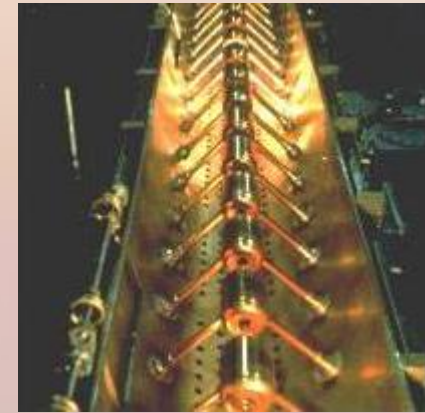
Részecskegyorsítás alapelve: elektromos térben töltött részecske

- Nagy egyenfeszültség
- Adott energiájú,
állandó áramú nyaláb

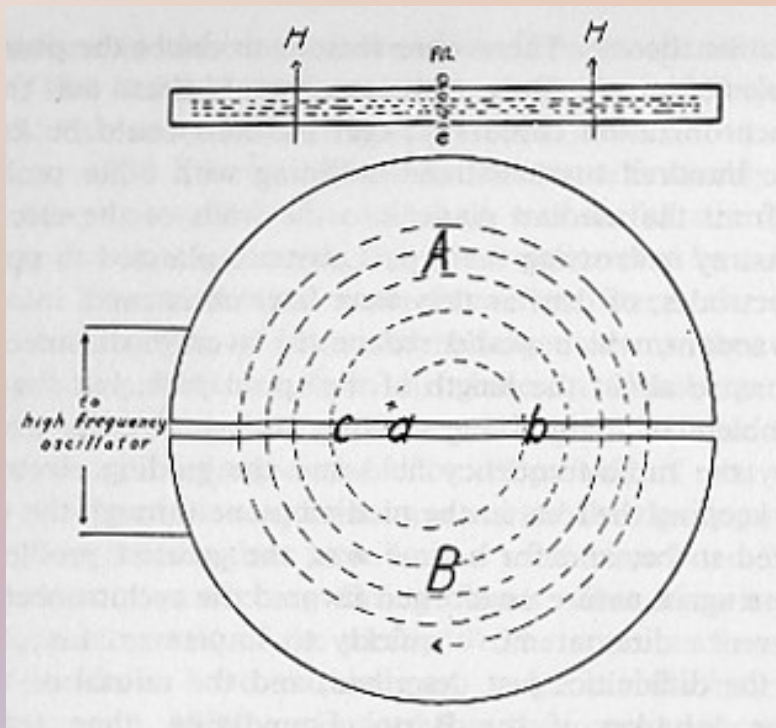


Periodikus energiaátadás: lineáris gyorsító

- Váltakozó elektromos tér (váltófeszültség)
- Részecskék **csomagokban** érkeznek



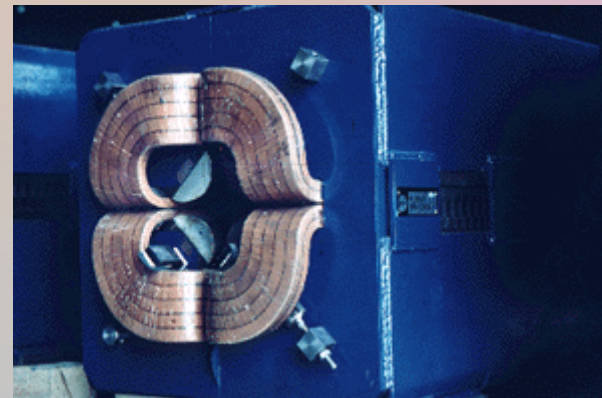
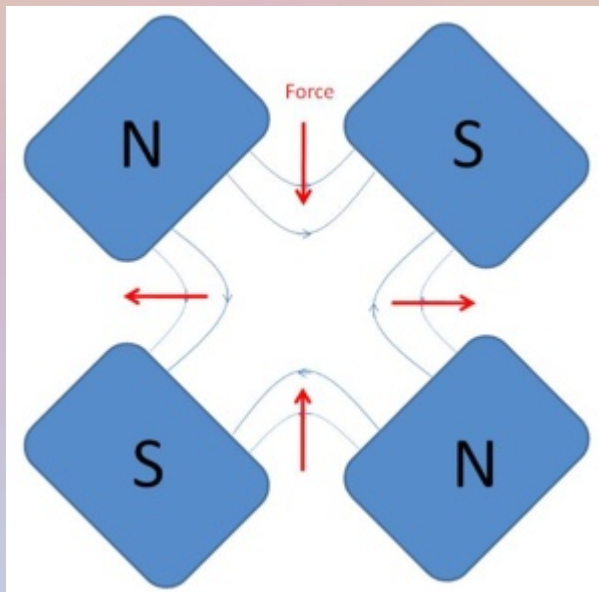
Helytakarékoság: körpályán gyorsítás



- Ciklotron: homogén térben a pályasugár az energiával növekszik, váltófeszültség frekvenciája közel konstans
- A világ jelenlegi sok gyorsítója (modern) ciklotron!
- Még nagyobb energián: mágneses tér változtatás

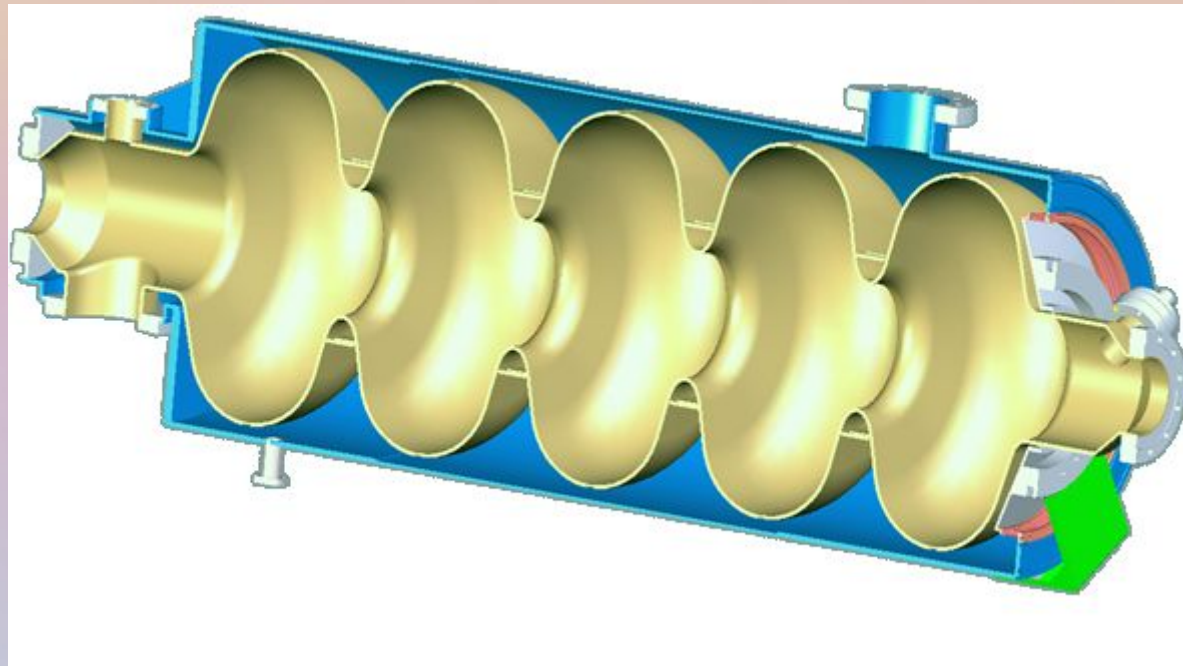
Hosszú élettartamú nyaláb létrehozása: fókuszálás

- A mágneses tér nagysága követi az energiát: elég egy gyűrű
- Az ideális pályától eltérő részecskéket folyamatosan visszatérítjük a helyes nyomvonalra: fókuszálás



Periodikus gyorsítás: mikrohullámú üreg

- Elektromágneses állóhullám, a részecskecsomagot hosszirányban is összenyomja

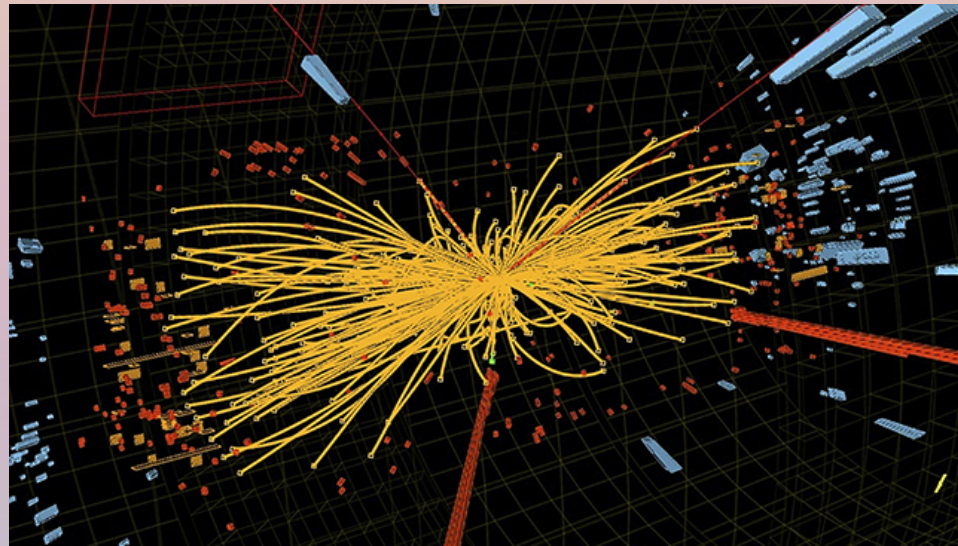


Miért és hány gyorsító van a világon?

- 26000+ működő gyorsító létezik
- 45% sugárterápiás (10-200 MeV)
- 40% ion-implantáció (félvezető gyártás)
- Orvosi radioizotóp gyártás
- Egyéb ipari, fejlesztési alkalmazások
- 1% nagyenergiás gyorsító (1 GeV fölött)

Kölcsönhatás létrehozása: ütköztetés

- A pálya adott pontjain nyalábkeresztezést hozunk létre, nagyon jól fókuszált (mikrométeres) pontban, és oda rakjuk a detektort



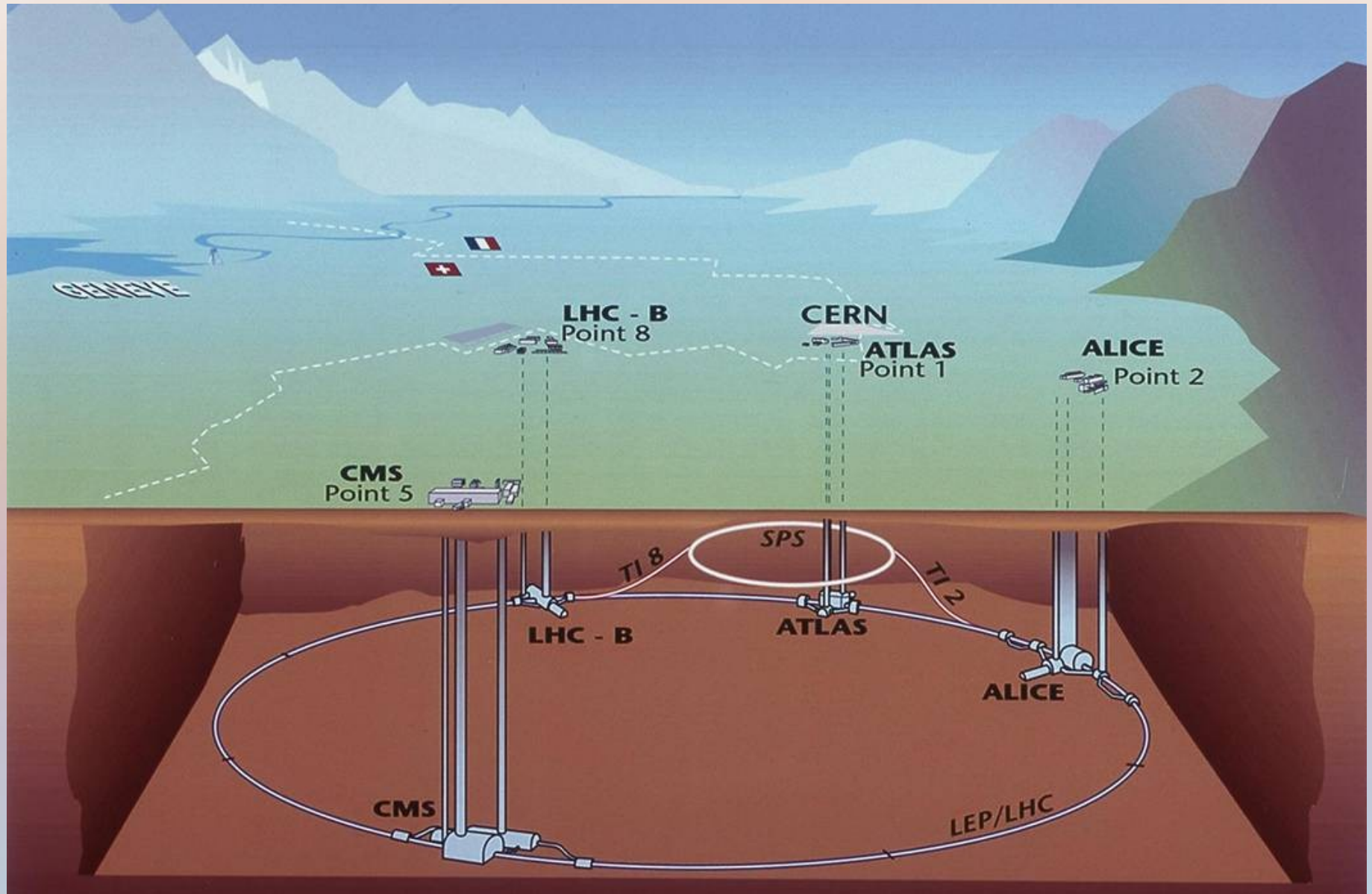
- (van hogy céltárgyat lövünk meg: kisebb energián, de biztosan eltaláljuk)

LHC: a világ legnagyobb gyorsítója

- 27 km kerületű, 100 m-en a föld alatt

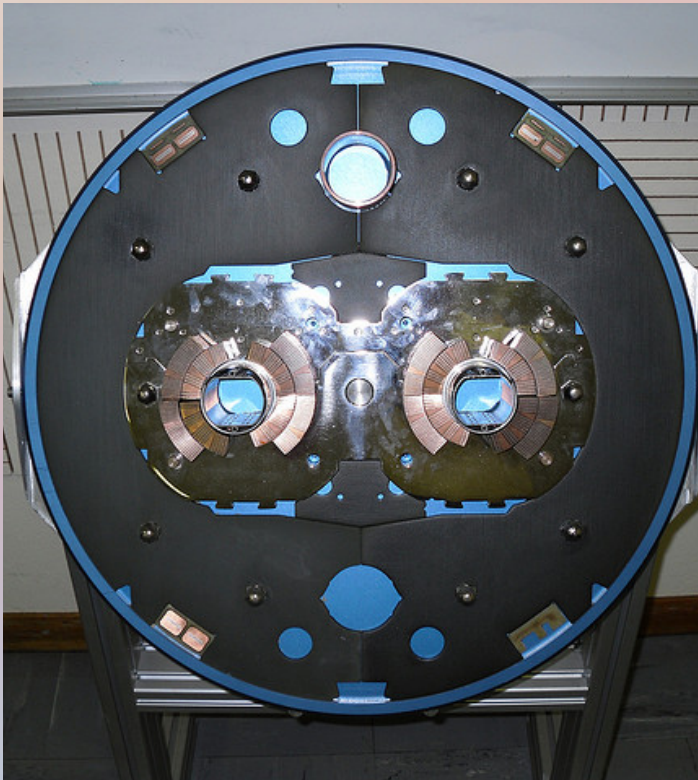


Föld alatti szerkezet



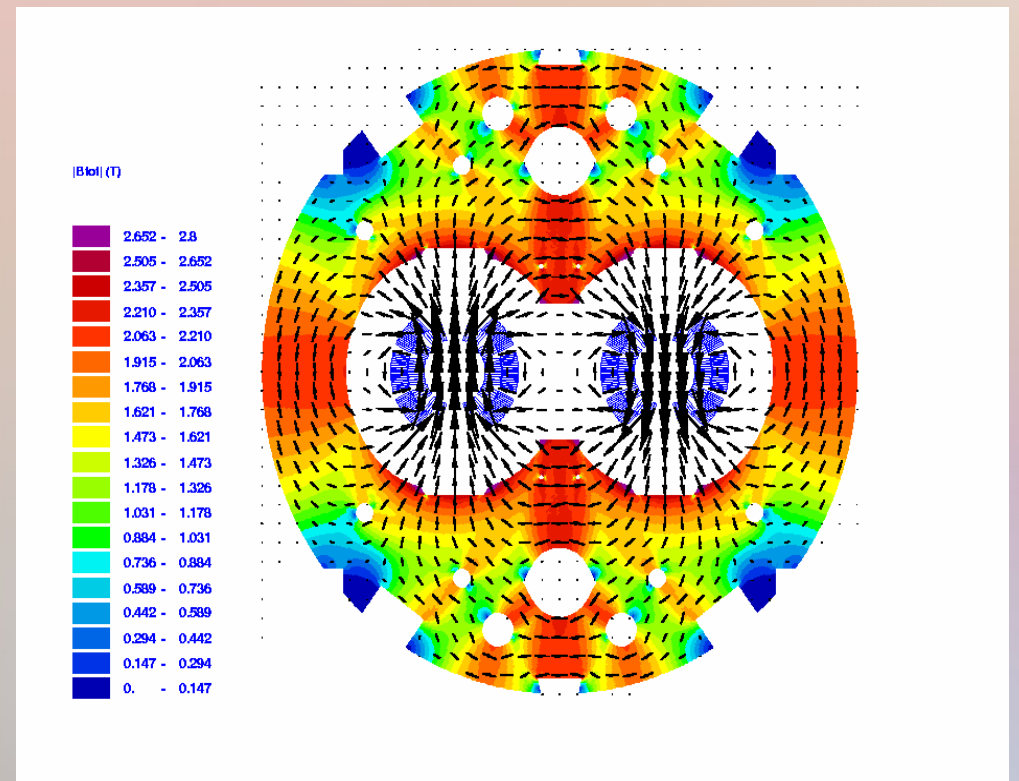
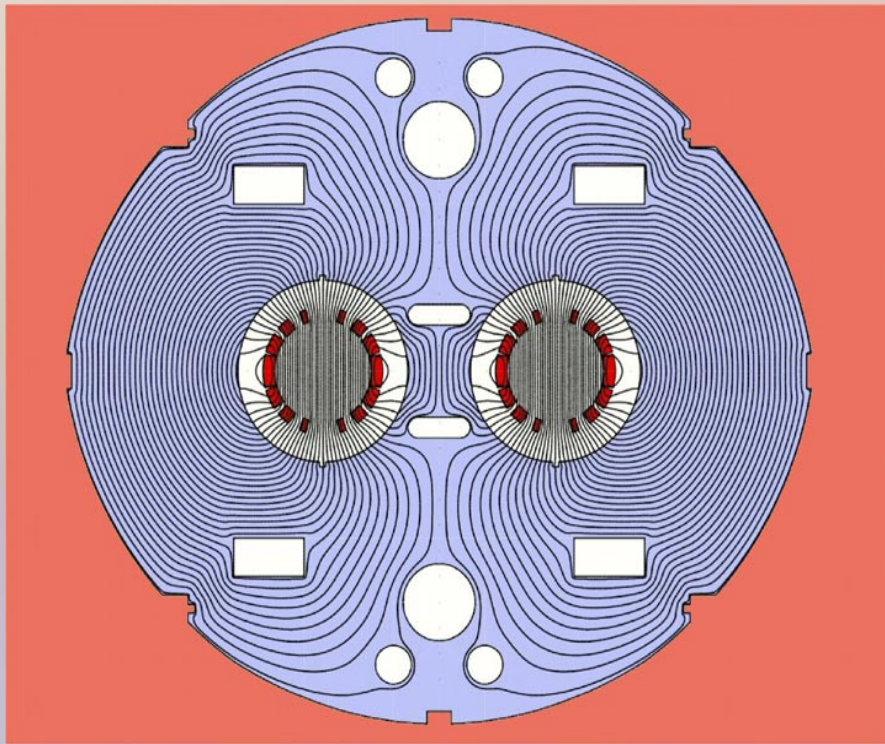
A körpályán tartó mágnesek

- Szupravezető, 8.4 T mágneses tér, 1.8K hőmérséklet
- Protonok gyorsítására tervezték! Az energiát az elérhető mágneses térerősség határozza meg



Dipol mágnes tere

- Homogén függőleges tér, két ellentétes irányban

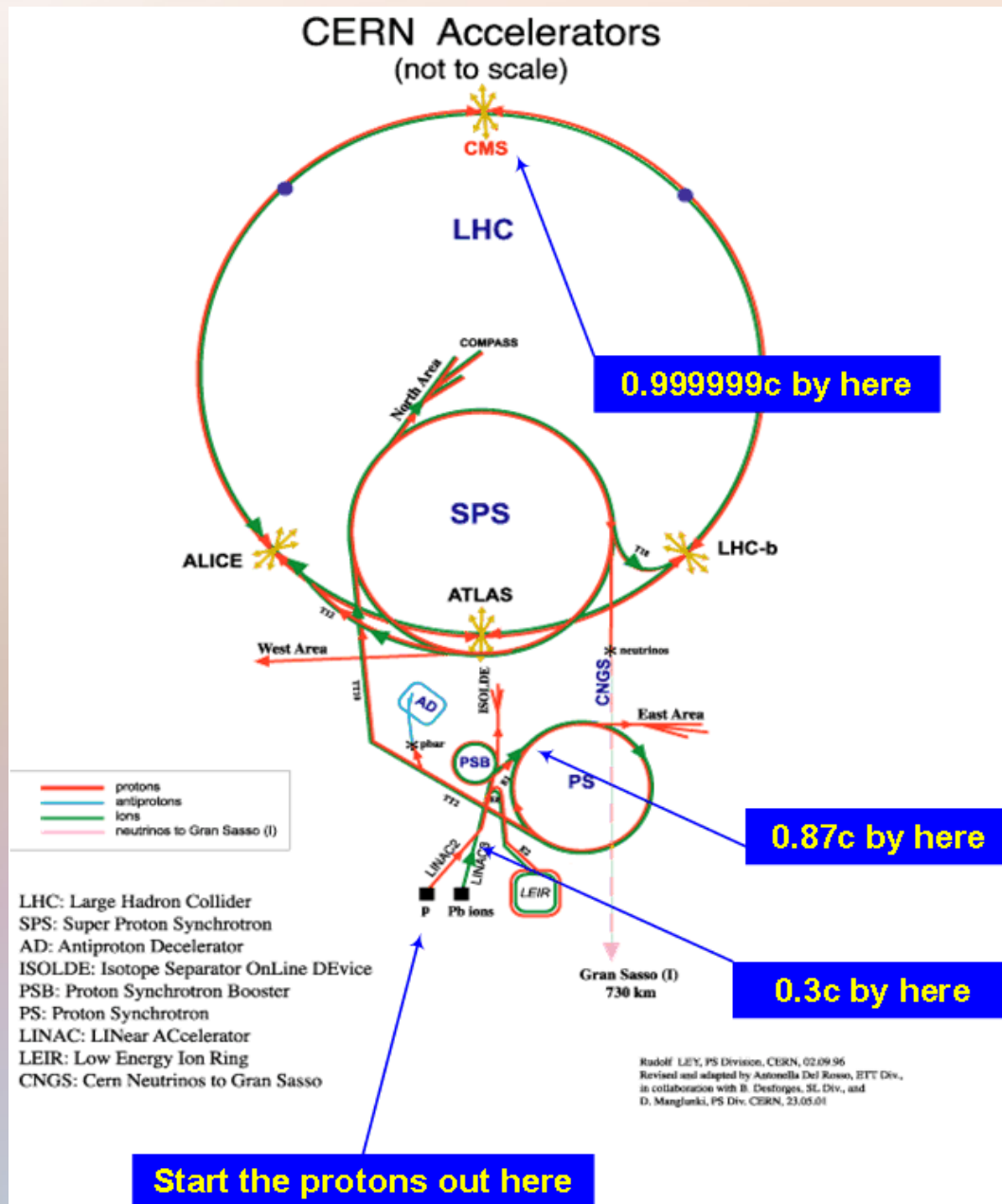


Fókuszáló mágnesek, gyorsítás

- Rövid egyenes pályaszakaszokon



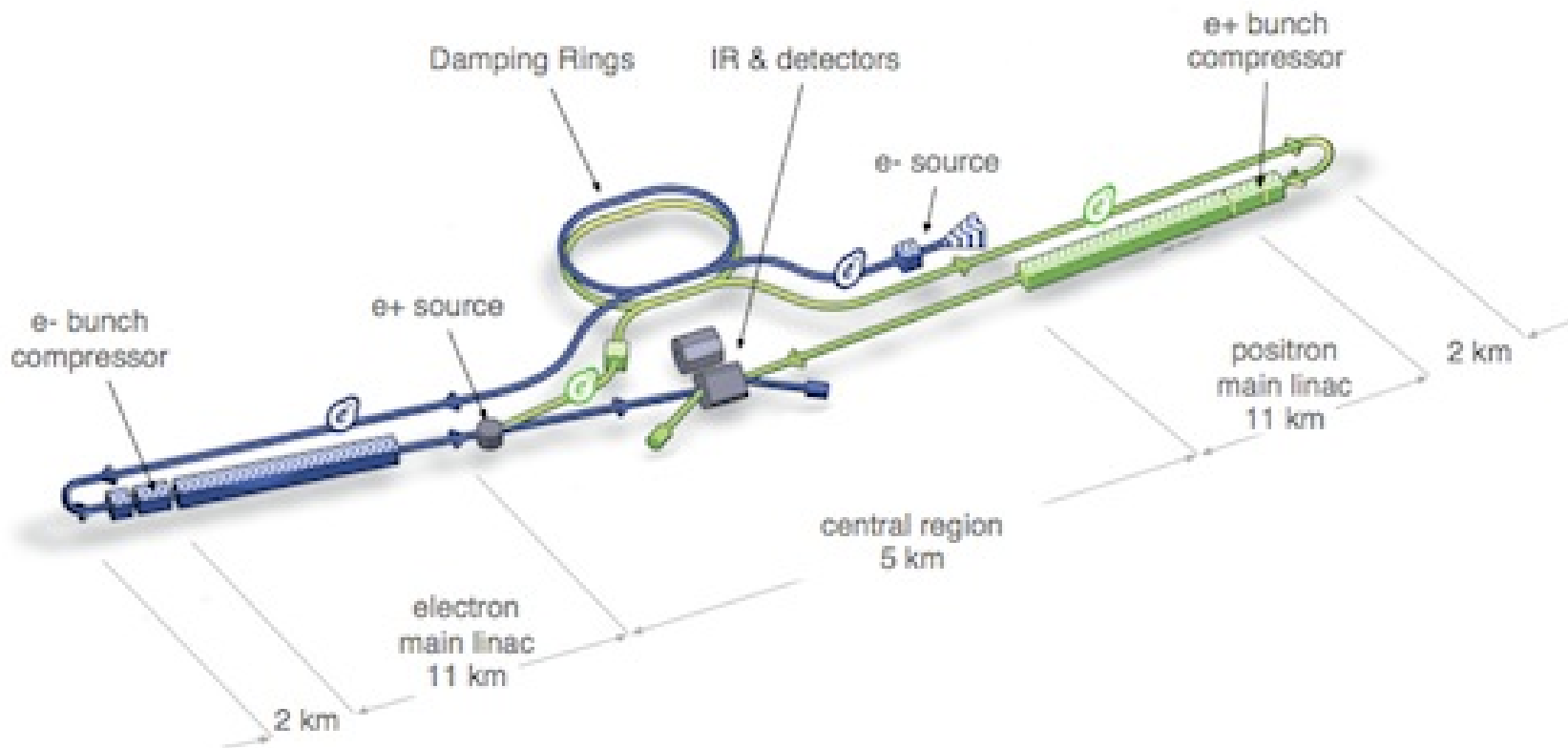
Gyorsító- komplexum



- Egy gyűrű kb. egy nagyságrendet tud átfogni – az LHC-be 450 GeV-en érkeznek a részecskék!
- Rendkívül finom időbeli és térbeli összehangolás...

ILC: Nagy energiás elektronok: lineáris gyorsító

Az elérhető energia limitáló tényezője elektronokra
a pálya menti sugárzás



Összefoglalás

- Részecskegyorsítók: az anyag legkisebb alkotórészeibe belelátó mikroszkópok lelke
- Nagy energia = jó felbontás (De Broglie)
- Gyorsítás váltakozó elektromos térrel csomagokban, irányítás (körpályán tartás) mágneses térrel
- A fizika a kölcsönhatás eredménye; hogy mi keletkezik a kölcsönhatásban, azt mérik a

detektorok

- Részletesebb anyag: Barna Dániel HTP2018 e.a.